

Tata cara penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith



© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normative	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan	2
5 Data iklim dan topografi	3
6 Rumus penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan.....	3
7 Cara penghitungan	8
8 Contoh penghitungan.....	10
Lampiran A (informatif)	11
Lampiran B (informatif)	12
Lampiran C (informatif)	14
Lampiran D (informatif)	15
Lampiran E (informatif)	16
Bibliografi.....	17

Prakata

Standar ini menyajikan penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith yang telah disepakati oleh para ahli di banyak negara untuk dijadikan sebagai acuan. Atas dasar tersebut, penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith disusun sebagai standar.

Dengan diterbitkannya standar ini, para perencana dan pengguna informasi evapotranspirasi tanaman acuan dapat memanfaatkan standar ini terutama dalam perencanaan dan pengoperasian bangunan air untuk pengaturan kebutuhan air bagi tanaman.

Standar ini termasuk dalam Gugus Kerja Hidrologi, Hidraulika, Lingkungan, Air Tanah dan Air Baku pada SPT 91-01-S1 Sumber Daya Air dan berada di bawah PT 91-01 Konstruksi dan Bangunan.

Penulisan standar ini mengacu kepada PSN 08:2007 dan telah mendapat masukan dan koreksi dari ahli bahasa. Perumusan standar ini dilakukan melalui proses pembahasan pada Konsensus tanggal 29 Agustus 2003 di Bandung yang melibatkan para nara sumber dan pakar dari berbagai instansi terkait.



Pendahuluan

Evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o) adalah evapotranspirasi yang terjadi pada tanaman acuan yaitu tanaman rumput yang tumbuh pada suatu lahan dengan ketinggian tanaman 12 cm dari permukaan tanah dan kebutuhan airnya tercukupi dengan baik.

Penghitungan besarnya evapotranspirasi tanaman acuan diperlukan, misalnya untuk menentukan kebutuhan air bagi tanaman (ET_t). Kebutuhan air bagi tanaman dihitung dari perkalian nilai koefisien tanaman (k_c) dengan besarnya evapotranspirasi tanaman acuan.

Berdasarkan penelitian di daerah basah (*humid*) yang dimuat dalam FAO Paper 56, metode Penman-Monteith sebagai metode terbaik dibandingkan dengan metode lainnya dalam menghitung besarnya evapotranspirasi tanaman acuan. Nilai korelasi (r) metode ini dibandingkan dengan hasil penelitian dengan lisimeter sebesar 97% untuk seluruh bulan dan 93% untuk bulan puncak, sedang metode lainnya di bawah nilai tersebut. Besarnya estimasi kesalahan standar (*standard error of estimate*) menunjukkan nilai terkecil, yaitu sebesar 0,32 sedang metode lainnya antara 0,56 sampai 1,29.



Tata cara penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman - Monteith

1 Ruang lingkup

Standar ini membahas langkah penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith, menjelaskan persyaratan data iklim, dan topografi yang diperlukan.

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam menghitung evapotranspirasi tanaman acuan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi potensial tanaman dengan menggunakan metode Penman-Monteith.

2 Acuan normatif

SNI 2821, Metode penghitungan evapotranspirasi potensial dengan panci penguapan kelas A.

3 Istilah dan definisi

3.1

Evaporasi

banyaknya air yang menguap dari permukaan tanah atau air.

3.2

Transpirasi

besarnya kehilangan air dari dalam tanaman melalui stomata di daun.

3.3

Evapotranspirasi

banyaknya air yang dipergunakan untuk proses pertumbuhan tanaman (transpirasi) dan evaporasi dari tanah/air sebagai tempat tumbuhnya tanaman tersebut.

3.4

Evapotranspirasi potensial

evapotranspirasi untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman tanpa sedikit pun kekurangan air.

3.5

Hari julian

nomor urutan hari dalam setahun yang dimulai dari 1 untuk 1 Januari sampai 365 atau 366 untuk 31 Desember.

3.6

Panas laten

panas yang diperlukan untuk menguapkan air sebesar satu gram.

3.7

Lapse rate

laju penurunan suhu udara dengan kenaikan ketinggian.

3.8**Tanaman acuan**

rerumputan dengan tinggi 12 cm, tumbuh seragam menutupi permukaan tanah, tanpa kekurangan air.

3.9**Radiasi matahari gelombang pendek netto**

radiasi matahari ekstraterestrial dikurangi pantulan radiasi dari permukaan bumi.

3.10**Radiasi gelombang panjang netto**

panas yang dipancarkan oleh permukaan tanaman dan tanah ditambah panas dari atmosfer dan awan yang diterima oleh di permukaan bumi.

3.11**Radiasi matahari netto**

radiasi matahari gelombang pendek netto dikurangi radiasi gelombang panjang netto.

3.12**Lama penyinaran matahari**

jangka waktu matahari bersinar tanpa dihalangi oleh penutupan awan.

3.13**Koefisien pantulan atau *albedo***

nilai besaran bagian radiasi matahari ekstraterestrial yang dipantulkan oleh permukaan bumi.

4 Persyaratan

Data iklim yang dipergunakan harus memperhatikan persyaratan berikut :

- 4.1** periode waktu penghitungan ditentukan dengan jelas (bulanan, 15 harian, 10 harian, mingguan, atau harian);
- 4.2** letak lintang pos klimatologi ditentukan secara jelas dan benar;
- 4.3** tersedia data tekanan udara secara jelas dan benar sesuai dengan periode waktu penghitungan butir a) atau elevasi pos klimatologi;
- 4.4** tersedia data suhu udara dan kelembaban udara secara jelas dan benar sesuai dengan periode waktu penghitungan butir a);
- 4.5** tersedia data ketinggian alat pengukur kecepatan angin secara jelas dan benar sesuai dengan periode waktu penghitungan butir a);
- 4.6** tersedia data lama penyinaran matahari dan waktu pemasangan dan pengambilan alat ukurnya (misal dipasang jam 8.00 dan diambil jam 16.00) atau data radiasi matahari secara jelas dan benar sesuai dengan periode waktu penghitungan butir a);
- 4.7** panjang data pengamatan yang akan dihitung untuk pekerjaan perencanaan minimal 5 tahun, tidak perlu berkesinambungan dan untuk alokasi air disesuaikan dengan periode yang dikehendaki.

5 Data iklim dan topografi

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan menurut metode Penman-Monteith memerlukan data iklim dan letak stasiun klimatologi sehingga pengolahan data harus dilakukan sesuai dengan kriteria satuan yang sesuai dengan metode tersebut di atas.

Data iklim tersebut adalah :

1. suhu udara rata-rata dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$);
2. kelembaban relatif rata-rata dalam persen (%);
3. kecepatan angin rata-rata dalam satuan meter per detik (m/s);
4. lama penyinaran matahari dalam satu hari yang dinyatakan dengan satuan jam;
5. tekanan udara di lokasi stasiun dengan satuan kilo pascal (KPa);
6. radiasi matahari di lokasi stasiun dengan satuan mega joule per meter persegi per hari ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$).

Data topografi :

- 1) elevasi atau *altitude* stasiun pengamatan klimatologi dalam satuan meter di atas permukaan air laut;
- 2) letak garis lintang lokasi stasiun pengamatan klimatologi yang dinyatakan dalam derajat, kemudian dikonversi dalam radian dengan 2π radian = 360 derajat.

Pengolahan data cuaca untuk melakukan penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith perlu dilakukan mengingat pencatatan data di lapangan yang berbeda-beda.

6 Rumus penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith (Monteith, 1965) adalah :

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

ET_o	adalah	evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari).
R_n	adalah	radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$).
T	adalah	suhu udara rata-rata, ($^{\circ}\text{C}$).
U_2	adalah	kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s).
e_s	adalah	tekanan uap air jenuh, (kPa).
e_a	adalah	tekanan uap air aktual, (kPa).
Δ	adalah	kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$).
γ	adalah	konstanta psikrometrik, ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$).

R_n dihitung dengan rumus :

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

R_{ns} adalah radiasi gelombang pendek, (MJ/m²/hari).

R_{nl} adalah radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).

Besarnya R_{ns} adalah :

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

α adalah koefisien pantulan radiasi tajuk = 0,23 (nilai koefisien ini dipengaruhi oleh kondisi tanaman penutup lahannya, pada beberapa literatur menggunakan kisaran nilai 0,23 – 0,25).

R_s adalah radiasi matahari, (MJ/m²/hari).

dan R_s dihitung dengan :

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N}) R_a \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

n adalah lama matahari bersinar dalam satu hari, (jam).

N adalah lama maksimum matahari bersinar dalam satu hari, (jam).

R_a adalah radiasi matahari ekstraterrestrial, (MJ/m²/hari).

besarnya R_a adalah :

$$R_a = 37,6 d_r (\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

d_r adalah jarak relatif antara bumi dan matahari.

δ adalah sudut deklinasi matahari, (rad).

φ adalah letak lintang, (rad). Jika berada pada lintang utara nilainya positif, pada lintang selatan nilainya negatif.

ω_s adalah sudut saat matahari terbenam, (rad).

dan ω_s dihitung dengan :

$$\omega_s = \arccos (-\tan \varphi \tan \delta) \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

δ adalah deklinasi matahari, (rad).

φ adalah letak lintang, (rad).

dan d_r dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini (Duffie & Beckman, 1980) :

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{2\pi}{365} J \right) = 1 + 0,033 \cos (0,0172 J) \dots\dots\dots (7)$$

besarnya δ dihitung dengan (Duffie & Beckman, 1980) :

$$\delta = 0,409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39 \right) = 0,409 \sin (0,0172 J - 1,39) \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

J adalah nomor urut hari dalam setahun (hari julian)

Nilai $(0,0172 J)$ pada persamaan (7) dan $(0,0172 J - 1,39)$ pada persamaan (8) dalam satuan radian.

Besarnya nilai J dapat dilihat pada Tabel 6 Lampiran D atau secara matematis dapat dihitung dengan :

a. Untuk J Bulanan (Gommes, 1983):

$$J = \text{Integer}(30,42 M - 15,23) \dots\dots\dots (8a)$$

b. Untuk J Harian (Craig, 1984):

$$J = \text{integer} \left(275 \frac{M}{9} - 30 + D \right) - 2 \dots\dots\dots (8b)$$

Keterangan:

M adalah bulan (1-12)

D adalah hari dalam bulan (1 - 31)

Jika tahun normal dan $M < 3$, nilai J ditambah nilai 2

Jika tahun kabisat dan $M > 2$, J ditambah nilai 1, tahun kabisat adalah tahun yang habis dibagi dengan angka 4.

Untuk melakukan penghitungan dengan periode 10 harian, maka nilai J diperoleh dari persamaan (8b) dengan D sama dengan 5, 15, dan 25 pada setiap bulannya.

Besarnya N dihitung dengan rumus:

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \dots\dots\dots (9)$$

dan R_{nl} dihitung dengan:

$$R_{nl} = -R_{ld} \downarrow + R_{lu} \uparrow = f(\varepsilon_a - \varepsilon_{vs}) \sigma T_k^4 \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

- R_{nl} adalah radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).
 $R_{lu} \uparrow$ adalah radiasi termal yang dipancarkan oleh tanaman dan tanah ke atmosfer, (MJ/m²/hari).
 $R_{ld} \downarrow$ adalah radiasi gelombang panjang termal yang dipancarkan dari atmosfer dan awan masuk ke permukaan bumi, (MJ/m²/hari).
 f adalah faktor penutupan awan, tanpa dimensi.
 ε_a adalah emisivitas efektif atmosfer.
 ε_{vs} adalah nilai emisivitas oleh vegetasi dan tanah $\approx 0,98$ (Jensen dkk., 1990).
 σ adalah nilai konstanta Stefan-Boltzman = $4,90 \times 10^{-9}$ MJ/m²/K⁴/hari.
 T_k adalah suhu udara rata-rata, (K).

Faktor penutupan awan (f) dihitung dengan rumus (FAO No. 24, 1977):

$$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1 \dots\dots\dots (11)$$

Emisivitas (ε') dihitung dengan rumus (Jensen dkk. ,1990) :

$$\varepsilon' = (\varepsilon_a - \varepsilon_{vs}) = (a_r + b_r \sqrt{e_a}) \approx (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

- ε' adalah emisivitas atmosfer
 e_a adalah tekanan uap air aktual (kPa).
 a_r adalah 0,34 - 0,44.
 b_r adalah negatif 0,25 - negatif 0,14.

Kecepatan angin pada ketinggian 2 m adalah:

$$U_2 = U_z \left(\frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \right) \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m, (m/s).
 U_z adalah kecepatan angin pada ketinggian z m, (m/s).
 z adalah ketinggian alat ukur kecepatan angin, (m).

Tekanan uap jenuh (e_s) besarnya (Tetens, 1930):

$$e_s = 0,611 \exp \left(\frac{17,27 T}{T + 237,3} \right) \dots\dots\dots (14)$$

Tekanan uap aktual (e_a) dihitung dengan:

$$e_a = e_s \times RH \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

RH adalah kelembaban relatif rata-rata, (%).

Kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara dihitung dengan (Murray, 1967):

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2} \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara, (kPa/°C).

T adalah suhu udara rata-rata, (°C).

e_s adalah tekanan uap jenuh pada suhu T , (kPa).

Konstanta psikrometrik (γ) dihitung dari (Brunt, 1952) :

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} 10^{-3} = 0,00163 \frac{P}{\lambda} \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan:

γ adalah konstanta psikrometrik, (kPa/°C).

c_p adalah nilai panas spesifik udara lembap sebesar 1,013 kJ/kg/°C.

P adalah tekanan atmosfer, (kPa).

ε adalah nilai perbandingan berat molekul uap air dengan udara kering = 0,622.

λ adalah panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).

Tekanan atmosfer (P) dihitung dari (Burman dkk., 1987):

$$P = P_o \left(\frac{T_{ko} - \tau (z - z_o)}{T_{ko}} \right)^{\frac{g}{\tau R}} \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan:

P adalah tekanan atmosfer pada elevasi z , (kPa).

P_o adalah tekanan atmosfer pada permukaan laut, (kPa).

z adalah elevasi, (m).

z_o adalah elevasi acuan, (m).

g adalah gravitasi = 9,8 m/s².

R adalah konstanta gas spesifik = 287 J/kg/K.

T_{ko} adalah suhu pada elevasi z_o , (K).

τ adalah konstanta *lapse rate* udara jenuh = 0,006 5 K/m.

Jika tekanan udara pada suatu stasiun tidak tersedia, maka gunakan asumsi

$T_{ko} = 293$ K untuk $T = 20^\circ$ C dan $P_o = 101,3$ kPa pada $z_o = 0$.

Panas laten untuk penguapan (λ) dihitung dengan rumus (Harrison, 1963):

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) T \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan:

λ adalah panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).
 T adalah suhu udara rata-rata, ($^{\circ}\text{C}$).

7 Cara penghitungan

Langkah-langkah penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith.

- 1) Kumpulkan data cuaca yang tersedia di lokasi stasiun beserta data elevasi dan letak lintang stasiun;
- 2) Hitung besarnya nilai tekanan uap jenuh berdasarkan data suhu udara dengan persamaan (14);
- 3) Hitung besarnya tekanan uap aktual berdasarkan data kelembapan udara dengan persamaan (15);
- 4) Kurangkan nilai tekanan uap jenuh dengan nilai tekanan uap aktual atau hasil langkah 2) dengan langkah 3);
- 5) Tentukan nilai perkalian antara konstanta 4098 dengan hasil langkah 2) (tekanan uap jenuh);
- 6) Hitung perkalian antara konstanta 0,00163 dan data tekanan udara di lokasi stasiun;
- 7) Hitung besarnya nilai panas laten berdasarkan data suhu udara dan menggunakan persamaan (19);
- 8) Hitung nilai konstanta psikrometrik dengan membagikan hasil nilai langkah 6) dengan langkah 7) atau menggunakan persamaan (17);
- 9) Hitung nilai dari $(T + 273.15)^2$;
- 10) Hitung nilai kemiringan kurva tekanan uap (Δ) dengan membagikan hasil langkah 5) dengan langkah 9 atau menggunakan persamaan (16);
- 11) Tentukan hasil pembagian antara konstanta 900 dengan suhu Kelvin;
- 12) Tentukan hasil perkalian data kecepatan angin, hasil langkah 8), langkah 4) dan langkah 11);
- 13) Hitung besarnya nilai sudut deklinasi (δ) berdasarkan persamaan (8);
- 14) Hitung besarnya jarak relatif matahari dengan bumi (d_r) menggunakan persamaan 7);
- 15) Berdasarkan data letak lintang stasiun, tentukan nilai sudut saat matahari terbenam (ω_s) dengan menggunakan persamaan (6);
- 16) Tentukan nilai radiasi ekstraterestrial (R_a) berdasarkan persamaan (5);
- 17) Hitung nilai radiasi matahari (R_s) berdasarkan data langkah 16) dengan data lama penyinaran matahari (persamaan 4);
- 18) Hitung faktor penutupan awan berdasarkan data lama penyinaran matahari menggunakan persamaan (11);
- 19) Hitung besarnya radiasi gelombang pendek (R_{ns}) berdasarkan hasil langkah 17) dan nilai *albedo* dengan menggunakan persamaan (3);

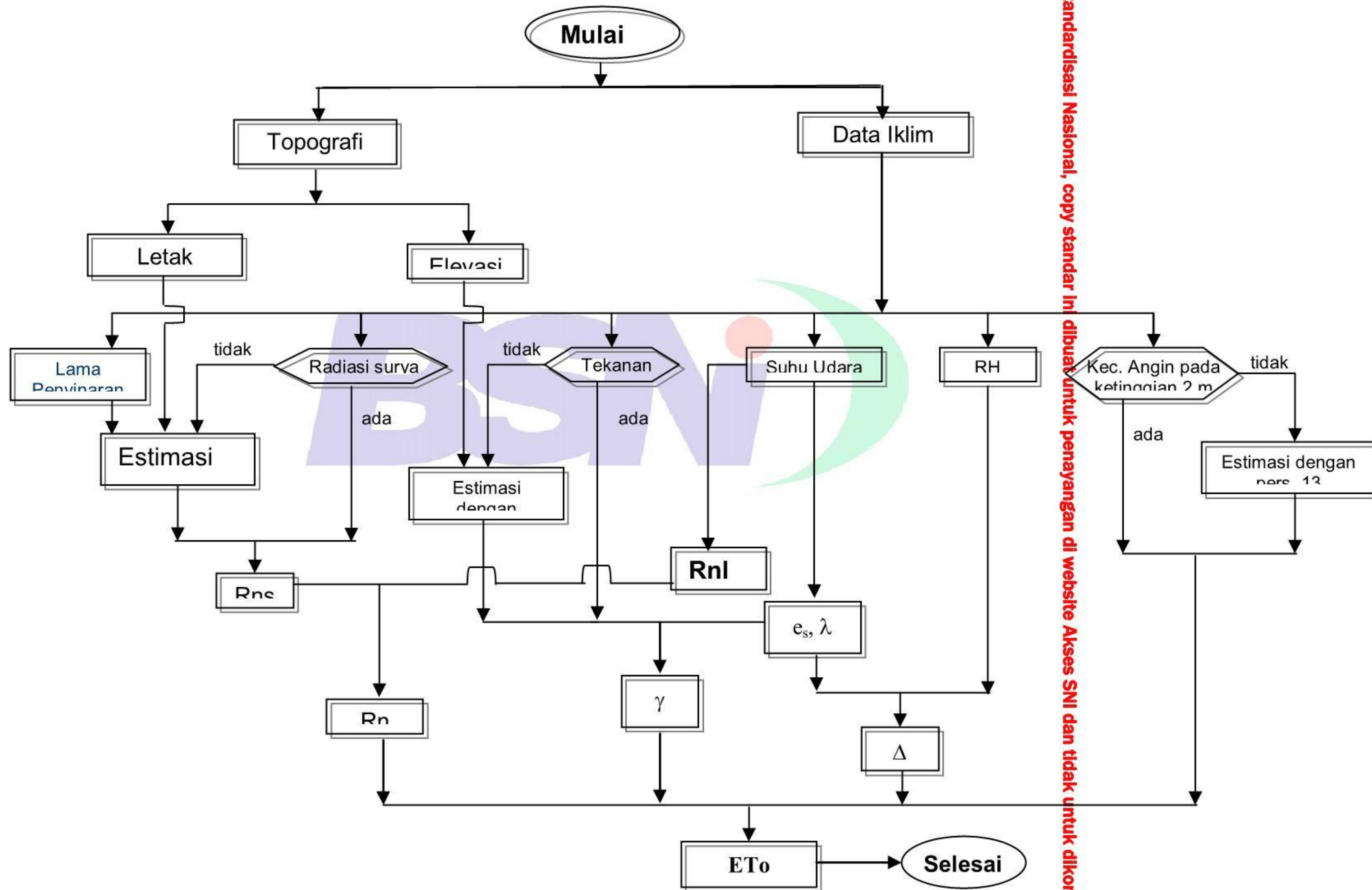
- 20) Hitung nilai emisivitas atmosfer berdasarkan persamaan (12);
- 21) Tentukan nilai hasil perkalian antara konstanta Stefan-Boltzman dan pangkat empat suhu Kelvin;
- 22) Tentukan nilai radiasi gelombang panjang (R_{nl}) berdasarkan hasil perkalian langkah 18), langkah 20), dan langkah 21) atau menggunakan persamaan (10);
- 23) Hitung besarnya nilai radiasi netto dengan mengurangi hasil langkah 19) dengan langkah 22) (persamaan 2);
- 24) Tentukan perkalian antara konstanta 0,408, hasil langkah 10), dan langkah 23);
- 25) Jumlahkan hasil langkah 12) dan langkah 24);
- 26) Berdasarkan data kecepatan angin, hasil langkah 10), langkah 8), hitung nilai dari $(\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2))$;
- 27) Hitung besarnya nilai ET_o dengan membagi hasil langkah 25) dengan hasil langkah 26).



8 Contoh penghitungan

Data	Rumus Penghitungan	Hasil Penghitungan
- Suhu: 24,7°C	e_s kPa (14)	3,1
- RH: 64,2 %	$RH/100$	0,642
	e_a kPa (15)	1,99
	$(e_s - e_a)$ kPa	1,1
- Elevasi = 674 m Nilai P dari Pers.18	$4098 \times e_s$	12703,8
	$0,00163 \times P$	0,1525
- Suhu: 24,7°C	λ MJ/kg (19)	2,44
	$(T + 237,3)^2$	68644
	γ kPa/°C (17)	0,063
	Δ kPa/°C (16)	0,186
	$\frac{900}{(T + 273)}$	3,02
- Kec. Angin = 121,9 km/hari	U_2 m/s	1,41
	$\gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)$	0,295
- J Januari (Lampiran D) = 15	δ rad (8)	-0,37
	d_r (7)	1,032
- Lintang = 7° LS	ω_s rad (6)	1,62
	$(\omega_s \sin \delta \sin \phi + \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s) \times 37,6$	37,43
	R_a MJ/m²/hari (5)	38,63
- Lama Penyinaran (n/N) = 33,9 % a = 0,25 ; b = 0,5	$a_s + b_s \frac{n}{N}$	0,42
	R_s MJ/m²/hari (4)	16,21
	$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1$ (11)	0,4051
- $\alpha = 0.23$	$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$ (3)	12,48
	$\epsilon' = \epsilon_a - \epsilon_{vs}$ (12)	0,142
- T = 24,7°C	σT^4	38,56
	R_{nl} MJ/m²/hari (10)	2,22
	R_n MJ/m²/hari (2)	10,26
	$0,408 \cdot \Delta \cdot R_n$	0,779
	$0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)$	1,074
- Kec. angin = 121,9 km/hari	$(1 + 0,34 U_2)$	1,479
	$\gamma \cdot (1 + 0,34 U_2)$	0,093
- $\Delta = 0,186$ kPa	$\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)$	0,279
	ETo mm/hari (1)	3,86

Lampiran A
(informatif)
Diagram alir penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Lampiran B (informatif)

Data iklim

Tabel 1 Data suhu udara (°C)

Nama Pos : Ciparay-Bandung
 Letak Lintang : 7° 01'17" LS / 107° 42'10" BT
 Elevasi : 674 m

Bulan Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1980												
1981					26,5	25,8	24,8	24,9	26,0	26,2	25,6	25,5
1982	24,7	25,2	25,6	25,8	25,6	25,2	24,5	24,5				25,9
1983	25,2	25,9	25,3	26,1	24,8	25,5	24,5	25,0	26,2	26,5	25,1	25,6
1984	25,1	25,4										
1985	24,7	24,5	24,9	25,1	25,0	23,5	23,6	23,4	24,7	25,0		
1986	24,5	25,0	26,0	25,3	25,3	24,8	25,0	25,1		25,2	25,2	25,2
1987	25,2	25,4	26,0	26,2	25,4	25,3	24,5	24,0	24,2	24,8	24,9	23,9
1988	24,5	23,8	24,7	24,6	24,8	22,8	21,5	22,8	24,0	24,2	22,7	23,6
1989	23,9	23,1	23,7	24,2	24,4	23,7	23,3	22,7	23,4	24,1	24,8	24,4
Jumlah	197,8	198,3	176,2	177,3	201,8	196,6	191,7	192,4	148,5	176,0	148,3	174,1
Rata-Rata	24,7	24,7	25,2	25,3	25,2	24,6	23,9	24,1	24,8	25,1	24,7	24,9

Sumber : Puslitbang SDA

Tabel 2 Data kecepatan angin (km/hari)

Nama Pos : Ciparay-Bandung
 Letak Lintang : 7° 01'17" LS / 107° 42'10" BT
 Elevasi : 674 m

Bulan Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1980	83,4	57,8	18,7	21,2	20,7	14,3	21,2	26,9	33,6	31,5		20,8
1981					80,9	4,8	8,0	127,8	283,6	300,1	243,6	361,8
1982	323,7	413,6	187,8	197,9	154,2	151,6	254,9	285,3				187,8
1983	304,7	151,5	168,2	166,7	94,4	68,5	70,8	128,0	161,6	251,6	138,1	
1984	32,3	31,6	20,2	17,6	7,2	7,8	11,9	16,7	12,6	12,3	12,6	15,6
1985	57,2	55,7	59,8	71,6	74,0	63,1	64,7	83,6	86,1	79,1		
1986	63,5	102,2	91,2	88,7	42,6	49,1	128,1	326,1		139,7	122,5	47,1
1987	99,8	84,5	74,6	79,7	70,9	60,1	65,5	90,8	100,4	95,2	75,3	74,6
1988	57,7	70,2	109,1	90,0	65,0	61,1	71,6	93,7	120,8	86,2	82,5	106,9
1989	75,0	101,5	69,8	57,8	65,8	53,6	65,2	82,1	100,3	95,1	89,1	78,4
Jumlah	1013,9	1068,6	799,4	791,2	675,7	534,0	761,9	1261,0	899,0	1090,8	763,7	893,0
Rata-Rata	121,9	119,7	88,82	87,91	67,57	53,4	76,19	126,1	112,4	121,2	109,1	111,6

Sumber: Puslitbang SDA

Tabel 3 Data kelembapan (%)

Nama Pos : Ciparay-Bandung
 Letak Lintang : 7° 01' 17" LS / 107° 42' 10" BT
 Elevasi : 674 m

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tahun												
1980	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
1981					66	62	62	63	64	65	65	64
1982	66	65	65	66	66	66	66	65				64
1983	64	64	66	66	66	65	64	64	66	65	65	
1984	64	64	64	65	65	64	65	64	66	66	66	63
1985	63	63	64	63	60	64	65	64	60	62		
1986	65	65	66	66	66	65	65	65		66	66	64
1987	62	64	64	63	64	61	62	62	64	62	62	64
1988	64	64	64	64	64	64	62	62	62	63	64	63
1989	64	64	63	64	65	63	64	64	63	62	63	64
Jumlah	578	579	582	583	648	640	641	639	511	577	517	512
Rata-Rata	64	64	65	65	65	64	64	64	64	64	65	64

Sumber: Puslitbang SDA

Tabel 4 Data lama penyinaran matahari *(%)

Nama Pos : Ciparay-Bandung
 Letak Lintang : 7° 01' 17" LS / 107° 42' 10" BT
 Elevasi : 674 m

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tahun												
1974	26	25	45	55	56	64	64	65	56	38	33	40
1975	39	35	38	52	59	68	60	69	46	33	34	39
1976	23	50	34	59	63	67	75	67	70	49	40	47
1977	41	20	39	57	69				61	67	60	49
1978			33	53	50	43	52	58	46	46	44	58
1979		33	37	54	51	63	72	65	55	60	44	39
1980	23	38	49	50	66	69	68	70	60	53	39	34
1981					55	62	61	68	54	58	35	39
1982	29	43	43	48	64	59	62	59	77	57	52	41
1983	40	44	49	46	45	67	69	72	72	53	40	
1984												
1985	45	36	44	37	51	58	58	69	61	52		
1986												
1987	39	51	41	54	65	63	70	77				
1988												
1989												
1990	25	49	45	58	57	60	70	63	65		54	34
1991	33	28	52	43	68	74	70	69	59	61	37	35
1992	44	32	42	43	55	61	66	52	51	38	38	43
Jumlah	407	484	591	709	874	878	917	923	833	665	550	498
Rata-Rata	34	37	42	51	58	63	66	66	60	51	42	42

*Persen penyinaran matahari terhadap 12 jam dari pias *Cambell Stokes*.

Sumber : Puslitang SDA

Lampiran C (informatif)

Contoh hasil penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith

Nama Stasiun : Ciparay - Bandung
 Letak Lintang : 7° 01' 17" LS / 107° 42' 10" BT
 Elevasi : 674 m

Bulan	J	Suhu Udara (°C)	Kec, Angin (km/hari)	RH %	Lama Penyinaran (%)	Tekanan Udara (+1000 mb)	e_s (kPa)	Δ (kPa/°C)	λ (MJ/kg)	γ (kPa/°C)	ε'	f	δ (rad)	dr	ω_s (rad)	Ra (MJ/m ² /hari)	Rs	Rns	Rnl	Rn	ET _o (mm/hari)
Jan	15	24,73	121,92	64,22	33,92	-64,17	3,12	0,19	2,44	0,06	0,14	0,41	-0,37	1,03	1,62	38,63	16,21	12,48	2,22	10,26	3,86
Feb	46	24,79	118,73	64,33	37,23	-64,17	3,13	0,19	2,44	0,06	0,14	0,44	-0,23	1,02	1,60	38,87	16,95	13,05	2,37	10,68	3,96
Mar	74	25,17	88,82	64,67	42,21	-64,17	3,20	0,19	2,44	0,06	0,14	0,48	-0,05	1,01	1,58	37,99	17,51	13,49	2,58	10,90	3,88
Apr	105	25,33	87,91	64,78	50,64	-64,17	3,23	0,19	2,44	0,06	0,14	0,56	0,17	0,99	1,55	35,36	17,79	13,70	2,97	10,73	3,83
Mei	135	25,23	67,57	64,80	58,27	-64,17	3,21	0,19	2,44	0,06	0,14	0,62	0,33	0,98	1,53	32,29	17,48	13,46	3,35	10,11	3,54
Jun	166	24,58	53,40	64,00	62,71	-64,17	3,09	0,18	2,44	0,06	0,14	0,66	0,41	0,97	1,52	30,48	17,18	13,23	3,66	9,57	3,27
Jul	196	23,96	76,19	64,10	65,50	-64,17	2,98	0,18	2,44	0,06	0,15	0,69	0,38	0,97	1,52	31,10	17,96	13,83	3,86	9,97	3,48
Aug	227	24,05	126,10	63,90	65,93	-64,17	2,99	0,18	2,44	0,06	0,15	0,69	0,24	0,98	1,54	33,73	19,55	15,06	3,88	11,18	4,09
Sept	258	24,75	112,38	63,88	59,50	-64,17	3,12	0,19	2,44	0,06	0,14	0,64	0,04	0,99	1,57	36,69	20,09	15,47	3,49	11,98	4,30
Okt	288	25,14	121,20	64,11	51,15	-64,17	3,20	0,19	2,44	0,06	0,14	0,56	-0,17	1,01	1,59	38,30	19,37	14,92	3,04	11,88	4,34
Nov	319	24,72	109,10	64,63	42,31	-64,17	3,12	0,19	2,44	0,06	0,14	0,48	-0,33	1,02	1,61	38,52	17,78	13,69	2,62	11,07	4,01
Dec	349	24,87	111,63	64,00	41,50	-64,17	3,14	0,19	2,44	0,06	0,14	0,47	-0,41	1,03	1,62	38,35	17,54	13,51	2,59	10,92	4,01

Sumber : Hasil Penghitungan

Lampiran D
(informatif)
Daftar Nomor Urut Hari dalam Setahun

Hari	Jan	Feb	Mar*	Apr*	Mei*	Jun*	Jul*	Aug*	Sep*	Okt*	Nov*	Des*
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	(60)	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	-	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	-	90	-	151	-	212	243	-	304	-	365

* ditambah 1 jika tahun kabisat

Lampiran E
(informatif)
Faktor konversi

Suhu Udara

Fahrenheit (°F)	$= (°F - 32) \times 5/9 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kelvin (K)	$= ^\circ\text{C} + 273$

Tekanan

1 milibar (mb)	$= 0,1 \text{ kPa}$
1 mmHg	$= 0,1333 \text{ kPa}$
1 atm	$= 101,325 \text{ kPa}$

Kecepatan Angin

1 km/hari	$= 0,01157 \text{ m/s}$
1 knot	$= 0,05144 \text{ m/s}$
1 ft/s	$= 0,3048 \text{ m/s}$

Radiasi

1 mm/hari	$= 2,45 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$
1 J/cm ² /hari	$= 0,01 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$
1 cal	$= 4,1868 \text{ J}$
1 cal/cm ² /hari	$= 0,041868 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$
1 Watt	$= 1 \text{ J/s}$
1 W/m ²	$= 0,0864 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$

Evapotranspirasi

1 m ³ /ha/hari	$= 0,1 \text{ mm/hari}$
1 lt/s/ha	$= 8,640 \text{ mm/hari}$
1 MJ/m ² /hari	$= 0,408 \text{ mm/hari}$

Bibliografi

- 1 Brunt D. (1952). *Physical and dynamical meteorology*, 2nd ed. University Press, Cambridge. 428 pp.
- 2 Burman R.D., Jensen M.E. and Allen R.G. (1987). Thermodynamic factor in evapotranspiration. In : *Proc. Irrig. and Drain. Spec. Conf.*, James L.G. and English M.J. (eds). ASCE, Portland, Ore., July. Pp. 28-30
- 3 Craig J.C. (1984). *Basic routines for the Casio computer*. Wayne Green Books, Peterborough, NH 03458. 131 pp.
- 4 Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1976). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd ed. Rome. 156 pp.
- 5 Duffie J.A. and Beckman W.A. (1980). *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley and Sons, New York. pp. 1-109.
- 6 Food and Agriculture Organization, 1991. FAO. Land and Water Development Division. *Report on Expert Consultation for Revision of FAO Guidelines for Predicting of Crop Water Requirement*. Rome, Italy.
- 7 Food and Agriculture Organization, 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Rome, Italy.
- 8 Gommers R.a. (1983). *Pocket computers in agrometeorology*. FAO Plant Production and Protection Paper 45, Rome.
- 9 Jensen M.E., Burman R.D. and Allen R.G. (1990). *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. ASCE Manual No. 70.
- 10 Monteith J.L. (1965). *Evaporation and the environment*. In: The State and Movement of Water in Living Organisms. XIXth Symposium. Soc. for exp. Biol., Swansea. Cambridge University Press. pp. 205-234.
- 11 Murray F.W. (1967). On the computation of saturation vapour pressure. *J. Appl. Meteor.* 6:203-204.
- 12 Smith M. (1988). *Calculation procedures of modified Penman equation for computers and calculators*. FAO, Land and Water Development Division, Rome.
- 13 Tetens O. (1930). Uber einige meteorologische Begriffe. *Z. Geophys.* 6:297-309.